

# 手動車いす用走行補助装置の開発

## Development of an Assistance Device for a Wheelchair

正 平田 宏一（海技研） 高田 康夫（法政大・学） 正 御法川 学（法政大）

Koichi HIRATA, National Maritime Research Institute, Shinkawa 6-38-1, Mitaka, Tokyo

Yasuhiro TAKADA and Gaku MINORIKAWA, Hosei University

When a wheelchair is driven on a waving ship, the operation becomes very hard, and it is highly dangerous. In this study, we consider the operation of a wheelchair that has a small side-rolling motion. Then we have developed several types of assistance devices for a waving condition. In this paper, we show the special wheelchair with the assistance device, which has a limited slip differential gear mechanism. It is expected to get a safety and comfortable operation at the waving condition.

**Key words:** Barrier-free, Wheelchair, Limited Slip Differential Gear and Passenger Ship

### 1. まえがき

船舶のような動揺条件下において、手動車いすで移動することは非常に困難であり、しかも危険を伴う。本研究では、動揺条件下での手動車いすの移動を安全かつ快適にすることを目的とした走行補助装置の開発を進めている。本報では、手動車いすの左右後輪の間に差動制限機構を取り付けた走行補助装置について述べる。

### 2. 手動車いすの走行特性と走行補助の方法

手動車いすの後輪は左右独立して回転し、それぞれに駆動トルクを与えることにより直進や旋回を行う。前輪には旋回方向に回転自由なキャストが使われているため、進行方向を維持する力が働かない。また、運転者が乗車したときの重心は後輪の軸より少し前に位置する。そのため、手動車いすが左右方向に傾斜した路面に置かれた場合、車いすは重力の影響を受けて谷側へと旋回する力が働く。

手動車いすの走行特性を調べるため、別途開発した計測用車いす<sup>(1)</sup>を用いて、水平面及び船舶の動揺を模した波状の走行面における左右後輪に加わるトルク並びに走行軌跡を測定した。波状走行面は、中心位置（約 5.5 m）に 7 deg の傾斜角（左上がり）を与え、その前後の傾斜角は緩やかに変化させた。

図 1 は水平面及び波状走行面におけるトルクの測定結果である。これより、手動車いすは、駆動トルクが与えられている状態と駆動トルクが与えられていない状態、すなわち慣性走行の状態とを断続的に繰り返して走行し、水平面では左右の後輪にほぼ同一なトルク変化を与えて走行していることがわかる。一方、波状走行面においては、傾斜部に差しかかると、傾斜面で生じる谷側への旋回を防ぐため、谷側後輪に強い駆動トルクを与え、山側後輪に断続的なブレーキトルクを与えている。手動車いすが傾斜面や動揺面を走行する場合、このような複雑な操作が車いすの操作を著しく困難にしている。

図 2 は、波状走行面の傾斜部における走行距離とトルク並びに旋回角速度（山側への旋回を正）の測定結果を示している。これより、旋回角速度は、駆動走行の状態で上向

き、慣性走行の状態で下向きとなることわかる。これは、手動車いすは、慣性走行の状態において重力の影響を受けて谷側に旋回し、駆動走行の状態において山側への方向修正の操作をしていることを示している。

以上より、傾斜面において、慣性走行時の谷側への旋回を少なくすることで、手動車いすの走行を安全かつ快適にできると考えられる。通常の走行面では後輪のスリップは

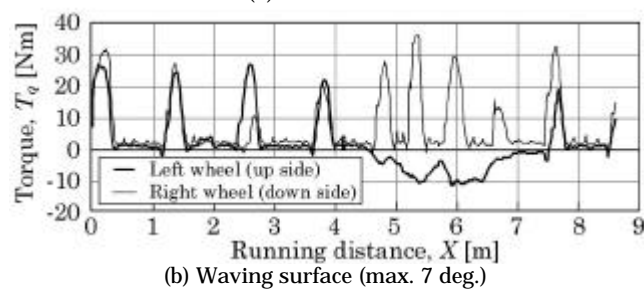
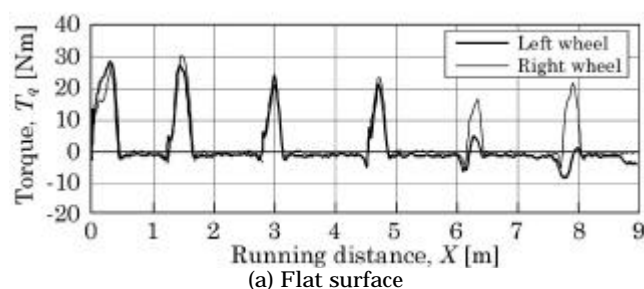


Fig. 1. Experimental results of wheelchair operations

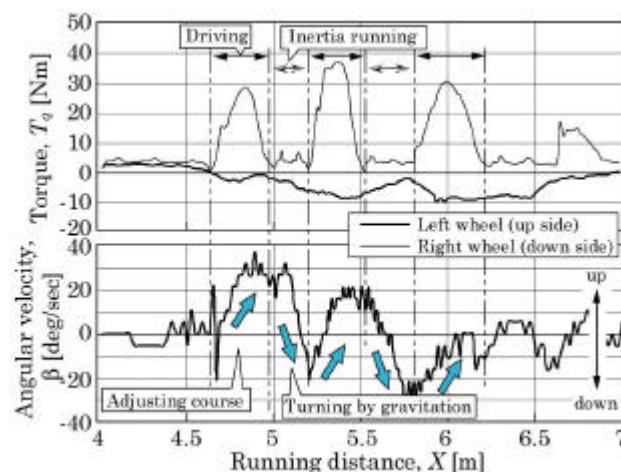


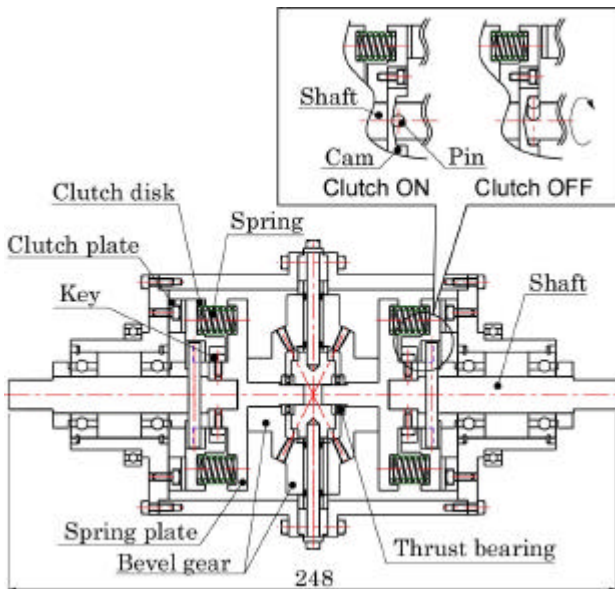
Fig. 2. Driving torque and angular velocity on the waving surface

極めて小さいため、左右後輪の車軸が同一の回転速度で運動する車いすは重力の影響を受けにくいことが確認されている<sup>(2)</sup>。すなわち、左右後輪の車軸を連結して、同一の回転速度とすることで、重力による旋回運動を少なくできる。一方、手動車いすを故意に旋回させる場合、左右後輪には回転角度差が必要不可欠である。

### 3. 差動制限機構を用いた車いす走行補助装置

以上の検討に基づき、手動車いす用走行補助装置の設計・試作を行った。図3に示す走行補助装置は、慣性走行のように左右後輪のトルク差が小さい場合、左右後輪の車軸を連結することで重力による旋回運動を少なくし、トルク差が大きい場合には通常の手動車いすと同様、左右後輪が独立して回転できる。

図3(a)に示す差動制限機構は、4個のかさ歯車、左右後輪につながる2本の回転軸、複数のばね、かさ歯車に固定したばね押さえ板、クラッチディスク、ケーシングに固定したクラッチ板等から構成される。ばね押さえ板とクラッチディスクとは、キーにより軸方向だけに運動できる。また、ばね押さえ板と回転軸とは機械的に固定されておらず、回転方向にフリーである。



(a) Structure of the limited slip differential gear system



(b) A wheelchair with the assistance device

Fig. 3. Assistance device for a wheelchair

2本の回転軸に与えられるトルク差が小さい場合、クラッチディスクはばねによりクラッチ板に押し付けられているため、左右後輪の車軸は機械的に締結された状態（クラッチ入）となる。トルク差が大きい場合、回転軸に取り付けたピンが、クラッチディスクに取り付けたカムのテーパ面を押し、クラッチディスクがクラッチ板から離れ、車軸の締結が解除される（クラッチ切）。なお、ばねの力を受けてもかさ歯車のバックラッシュが適切に保たれるよう、装置中央にスラスト軸受を取り付けている。

本装置は、左右後輪へのトルク差が所定の値を下回る場合に、左右後輪の独立した回転を制限する機構である。すなわち、慣性走行時の重力による旋回を減少でき、運転者は複雑な操作を与えることなく、安定した直進走行を期待できる。一方、手動車いすを故意に旋回させる場合、左右後輪へのトルク差が所定の値を上回るため、後輪が左右独立して回転し、従来通りの旋回運動が可能となる。

### 4. 走行補助装置の動作確認

本走行補助装置を試作した後、市販の車いすに取り付け、上述の波状走行面や傾斜面を走行し、本装置の動作確認を行った。その結果、クラッチ入の状態において、慣性走行時の重力による旋回が少なくなり、操作感が向上した。しかし、車いすを故意に旋回させる際、左右後輪へのトルク差が大きくなって適切な動作でクラッチ切の状態にならないことがあり、クラッチディスクとクラッチ板との間に滑りが生じた。クラッチディスクとクラッチ板は滑ることなく、完全に締結した状態が完全に解除した状態のどちらかになることが望ましい。今後、クラッチの材質や形状を見直すと同時に、ばねの強さやテーパ面の形状を調整する必要があると考えられる。

### 5. あとがき

本報では、動揺条件下での手動車いすの移動を安全かつ快適にすることを目的として、差動制限機構を利用した走行補助装置を提案した。試作した走行補助装置を手動車いすに取り付けて動作確認を行った結果、慣性走行時の重力による旋回が少なくなり、傾斜面や船舶の動揺を模擬した波状走行面において操作感が向上することが確認できた。しかし、故意に旋回する際のクラッチの解除が適切に機能せず、装置の改良及び調整が今後の課題として残されている。さらに、本装置の性能測定並びに性能評価も同時に進めていく予定である。

### 文献

- (1) 平田宏一, 今里元信, 宮崎恵子, 船舶バリアフリーのための実験用車いすの開発, 日本設計工学会平成13年度春期研究発表講演会講演論文集, (2001), p.103-106.
- (2) 平田宏一, 牧田安弘, 榎原寛明, 模型車いすの走行特性, 平成14年度(第2回)海上技術安全研究所研究発表会講演集, (2002), p. 387-390.